

Роль защитных покрытий в производстве электроники

Как защитить компоненты и печатные платы от влаги и пыли, влияния высоких и низких температур, вибраций, воздействия статического электричества и коррозии? В статье даны ответы на эти вопросы на примере защитных покрытий и заливочных компаундов ведущего производителя электрохимии Electrolube.

Сергей Махлаков

msa@protehnology.ru

Помимо задач, описанных выше, правильный выбор материалов сокращает количество брака на этапе производства электроники. Прежде всего, некачественные продукты могут просто не соответствовать заявленным характеристикам, вследствие чего электронные компоненты и печатные платы оказываются незащищенными от воздействия вышеперечисленных факторов, что обычно приводит либо к браку на стадии изготовления, либо к сокращению срока эксплуатации изделий. К примеру, некачественное покрытие способно отслаиваться от печатной платы (рис. 1).

Компания Electrolube выпускает широкую линейку высококлассных защитных покрытий и смол для решения различных технологических задач при производстве печатных плат и электроприборов. Основываясь на многолетнем опыте использования и реализации продукции Electrolube, компания ООО «ПРОТЕХ» предлагает для ознакомления основные типы защитных покрытий и смол и рекомендует обратить внимание на отдельные продукты, представленные далее.

Electrolube производит четыре основных вида защитных покрытий:

1. Акриловые защитные покрытия.
2. Полиуретановые защитные покрытия.



Рис. 1. Отслаивание защитного покрытия

3. Силиконовые (гибридные) защитные покрытия.
4. Защитные покрытия на водной основе.

Рассмотрим их подробнее, а также остановимся на самых популярных продуктах этих типов покрытий.

Акриловые защитные покрытия

Основой таких покрытий служит термопластичный акриловый полимер, растворенный в смеси органических растворителей. Затвердевание покрытий происходит за счет испарения растворителей. Процесс является обратимым, и затвердевшее акриловое покрытие можно смыть растворителем. Акриловые покрытия (рис. 2) практически не причиняют вреда окружающей среде; они сохраняют прозрачность и устойчивы к потемнению и гидролизу. Помимо прочего, они имеют малое сопротивление к растворителям, что делает их подходящими для отмывки, однако исключают использование в областях, где важна химическая устойчивость. Общие характеристики таких покрытий:

- предлагают хорошую гибкость и всестороннюю защиту;
- обеспечивают превосходную защиту от тумана, влажности и соли;
- материалы легко использовать, и они быстро сохнут при комнатной температуре;
- имеют широкий диапазон рабочих температур;
- отличаются превосходной адгезией с большинством поверхностей

APL (рис. 3) — самый популярный продукт из линейки акриловых покрытий компании Electrolube.



Рис. 2. Акриловые защитные покрытия



Рис. 3.
Аэрозоль APL



Рис. 4.
Аэрозоль PUC

Это гибкое быстро сохнущее прозрачное покрытие, применяемое для предохранения электронных сетей. Материал разработан для профессионального употребления и соответствует требованиям различных международных стандартов. Также существует покрытие APLSP, предназначенное исключительно для профессионального использования с целью получения определенной вязкости, для селективного распыления. Преимущества данного продукта:

- высокая степень прозрачности, хорошо подходящая для покрытия светодиодов;
- отличная адгезия со всеми поверхностями;
- хороший диапазон температур и диэлектрические свойства;

- возможность осуществления контроля качества с помощью ультрафиолетовых лучей;
- смывается такими растворителями, как Ultrasolve (ULS);
- экономичен и легок в применении;
- быстросохнущий;
- соответствие директиве RoHS-2;
- отвечает стандартам MIL-1-46058C и IPC-CC-830.

Полиуретановые защитные покрытия

В отличие от акриловых, полиуретановые покрытия обладают высокой химической устойчивостью и надежной защитой в агрессивных окружающих средах. Также они характеризуются гибкостью даже при очень низких температурах. Как и акриловые покрытия, они являются универсальными и охватывают широкий диапазон рабочих температур. Их отличают:

- хорошая гибкость, особенно при низких температурах;
- высокая химическая устойчивость;
- полиуретановые покрытия могут быть удалены с помощью специальных продуктов (CCRG);
- хорошая устойчивость к царапинам.

PUC (рис. 4) — прозрачное янтарное модифицированное полиуретановое покрытие, специально разработанное для защиты электронных схем. Это очень твердый материал, обладающий отличными механическими и диэлектрическими свойствами при сохранении гибкости для защиты хрупких компонентов. Его можно наносить распылением, погружением или с помощью кисти. Толщина покрытия зависит от способа нанесения (обычно 25–75 мкм). PUC нельзя наносить при температуре менее +16 °C и относительной влажности более 75%. Характеристики покрытия:

- высокая механическая прочность;

- отличная адгезия при всех климатических условиях;
- надежная стойкость к широкому спектру химических веществ и растворителей;
- возможность осуществлять контроль качества с помощью ультрафиолетовых лучей;
- высокий уровень гибкости даже при низких температурах;
- препятствует росту плесени;
- соответствует RoHS-2, MIL-1-46058C, IPC-CC-830, DEF-STAN 59/47.

Силиконовые (гибридные) защитные покрытия

Гибридные покрытия (рис. 5) представляют собой смесь базовых химикатов. Таким образом создается множество различных вариантов покрытия, способных отвечать специфичным техническим требованиям.

Линейка защитных покрытий SCC3 от Electrolube представляет собой полиуретановые базовые смолы, модифицированные силиконом для повышения высокотемпературных свойств смолы. Эти вещества обладают гораздо большими преимуществами в сравнении со стандартными материалами, и поскольку основаны на растворителях, то просты в применении. Серия покрытий SCC3 предлагает широкий спектр эксплуатационных характеристик и не имеет недостатков, связанных со стандартными силиконовыми покрытиями, то есть отсутствует силиконовая миграция и эффект силиканов с низкой молекулярной массой. Преимущества таких покрытий:

- широкий диапазон рабочих температур;
- легко наносятся;
- обладают очень высокой химической стойкостью;
- можно отмыть специальным средством для удаления покрытий (CCRG);
- хорошая защита в широком диапазоне сред.



Рис. 5. Гибридные покрытия



Рис. 6. Защитное покрытие DCA

DCA (рис. 6) — уникальное модифицированное алкидное защитное покрытие, разработанное специально для соответствия самым высоким стандартам защиты как в Европе, так и в США. Это очень гибкое покрытие на основе силикона, которое подходит для небольших или чувствительных компонентов и обеспечивает защиту благодаря чрезвычайно широкому диапазону рабочих температур. DCA обладает высокой химической стойкостью к широкому спектру химических веществ и растворителей, например в автомобильной и аэрокосмической промышленности, что делает его оптимальным выбором для этих отраслей.

DCA можно наносить распылением, погружением или с помощью кисти. Материал виден в ультрафиолетовых лучах, что позволяет проверять качество печатной платы после ее покрытия. Чем сильнее отраженный ультрафиолетовый свет, тем толще слой нанесенного вещества. Для проверки качества должен использоваться ультрафиолетовый свет в области 375 нм. DCA имеет следующие преимущества:

- специфичное покрытие с модифицированной алкидной смолой;
- может быть подвергнуто вулканизации или термическому отверждению для повышения производительности;
- отличная химическая стойкость и растворимость при нагревании;
- через материал можно вести паяльные работы;
- широкий диапазон рабочих температур;
- устойчиво ко многим растворителям, используемым в аэрокосмической и автомобильной промышленности;
- соответствует RoHS-2, UL746C-QMJU2, DEF-STAN 59/47 (выпуск 4), отвечает IPC-CC-830.

Защитные покрытия на водной основе

Покрытие на водной основе отверждается путем испарения воды из системы. Эти продукты заменяют большинство растворителей в системе водой и обладают крайне низким содержанием летучих органических соединений. Таким образом, повышается безопасность сотрудников и значительно снижается выбросы растворителей:

- сокращается количество используемых растворителей, улучшается эксплуатационная и экологическая безопасность;
- покрытия представляют собой гибридные продукты, предлагающие повышенную производительность;
- материалы применяются на стандартном оборудовании, возможны варианты погружения и распыления;
- отличаются хорошим уровнем химической стойкости.

Таблица 1. Подбор защитных покрытий

	AFA	DCA	FSC	HFA	LTC	SC-102	URC	UVCL	WBP/WBPS/	2K100	2K300	2K500	FPC	
Доступные цвета	Прозрачный	Прозрачный, черный, красный	Прозрачный											
Вязкость, мПа·с (при +20 °C) (объемная)	175	200	550	300	150	500	240	150	200/80	2000	1500	1000	2	
Температура вспышки, °C (объемная)	-7	+27		-7	-3	>+90	+27	>+90	нет	>+100			>+90	
Содержание твердых фракций, % (объемное)	35	37	50	35	23	100	43	100	35	100			2	
Диэлектрическая прочность, кВ/мм	45	90	80	45	80	17	80	27	50	90	90			
Сопротивление изоляции, Ом	1×10 ¹⁵		1×10 ²⁰	1×10 ¹⁵			1×10 ¹⁶	7×10 ¹²	5×10 ¹¹	2×10 ¹⁶	2×10 ¹⁶	5×10 ¹²	1×10 ¹⁵	
Температурный диапазон, °C	-65...+125	-70...+200	-50...+125	-55...+130	-65...+130	-65...+200	-40...+130	-65...+135	-60...+125	-40...+100	-40...+130	-40...+140	-40...+200	
Время до потери липкости, мин (при +20 °C)	5-10	50-55	10-15			<10	15	-	25-35	240			1-5	
Время отверждения, ч (при +20 °C)	24	2 при +20 °C и 2 при +90 °C*	24						-	24	10 мин при +80 °C			24
Стойкость к растворителям	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	
Стойкость к влажности	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	
Плеснеустойчивость	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	
Разбавители	FTH	DCT		UAT	LTCT	N/A	LOT	N/A	DI Water	N/A			HFS	
УФ-контроль нанесения	да													

Примечание. *20 ч при +20 °C и 6 ч при +65 °C.



Рис. 7. Защитное покрытие WBP

Aquacoat Plus — прозрачное защитное покрытие на основе воды и полимерных материалов, специально разработанное для защиты электронных схем. Продукт обладает большим набором как физических, так и электрических свойств, которые позволяют устранить необходимость в вытяжках и других мерах предосторожности, необходимых при использовании обычных покрытий на основе растворителей. Aquacoat Plus является негорючим и содержит очень низкий уровень летучих веществ, доступен в двух вариантах.

WBP (рис. 7) — это стандартный материал для нанесения методом погружения, в то время как WBP(Sprayable) — продукт с низкой вязкостью, разработанный для оборудования ручного распыления. Оба варианта видно в УФ-лучах, что облегчает контроль качества. Основные характеристики покрытия:



Рис. 8. Заливочные компаунды Electrolube

- покрытие на водной основе;
- очень низкий уровень содержания летучих веществ;
- высокая устойчивость к растворителям;
- устойчивость к росту плесени
- N-метилпирролидон, изоцианат и фенол;
- широкий диапазон рабочих температур;
- покрытие видно в УФ-лучах;
- соответствует RoHS-2;
- утверждение MIL (MIL-1-46058C);
- IPC-CC-830.

В таблице 1 приведен подбор материалов Electrolube по характеристикам.

Заливочные компаунды (смолы)

Не менее важную роль в защите устройств играют и заливочные компаунды (смолы), предназначенные для защиты и изоляции печатных плат и электронных компонентов от различных угроз, среди которых влажность, вибрация, тепловой или физический удары и общие загрязнения. С помощью заливочных смол можно создать полную защиту от агрессивных сред и обеспечить превосходную производительность, несмотря на экстремальные условия. Продукты Electrolube показывают отличные результаты в тестах, предусматривающих длительное пребывание в агрессивной химической среде, а также вибрационные воздействия, тепловые и механические удары. Более высокий уровень защиты достигается за счет большей массы

компаунда, использованного в устройстве. Имея большую покрывающую способность, заливочные компаунды показывают более высокие результаты в защите изделий, нежели защитные покрытия. Именно это и делает их необходимыми при производстве электротехники.

Заливочные компаунды Electrolube (рис. 8) подразделяются на три типа по составу:

- эпоксидные компаунды;
- полиуретановые компаунды;
- силиконовые компаунды.

Перечислим их основные свойства и рассмотрим некоторые из предлагаемых материалов.

Эпоксидные компаунды обладают очень большой жесткостью, просты в применении, имеют низкий коэффициент теплового расширения, обеспечивают отличную защиту от влаги и агрессивной химической среды.

ER2188 — эпоксидная смола общего назначения. Материал представляет собой двухкомпонентный заливочный и герметизирующий компаунд общего назначения, ингибирующий горение. В материале применяется отвердитель, не содержащий додецилмеркаптана и других ароматических аминов. Используемая технология ингибирования горения — «чистого» типа, что приводит к испусканию сравнительно малотоксичных паров и слабому дымообразованию. Свойства смолы:

- ингибитор горения, соответствует стандарту UL94 V-0;

- отличная адгезия к широкой номенклатуре оснований;
- хорошая водостойкость и стойкость к химическим веществам.

Полиуретановые компаунды обладают хорошей гибкостью, даже при очень низких температурах, подходят для хрупких компонентов, имеют широчайший диапазон параметров твердости, обеспечивают превосходную защиту от влаги, так как разработаны для применения в судостроительной промышленности.

UR5604 — полиуретановый компаунд общего назначения, который представляет собой двухкомпонентный полиуретан с высокими рабочими характеристиками, специально предназначенный для заливки и герметизации:

- соответствует стандарту UL94 V-0;
- имеет хорошую эластичность даже при низких температурах;
- отличается низкой вязкостью готовой смеси.

Силиконовые компаунды обладают очень широким рабочим температурным диапазоном, показывают высокие результаты при высоких температурах, имеют отличную гибкость, а также существуют в виде оптически прозрачных версий продукта, подходящих для применения со светодиодами.

SC2001 — двухкомпонентный заливочный компаунд общего назначения, созданный для защиты изделий электроники. Он обладает высокотемпературными свойствами и подходит для применения в изделиях, рабочая температура

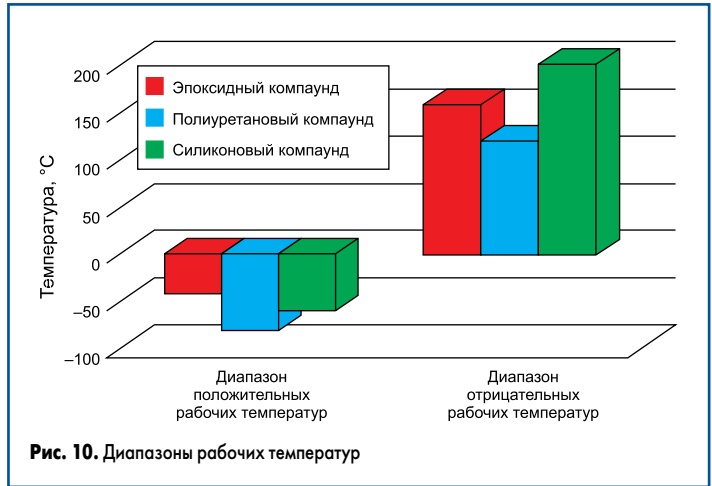


Рис. 10. Диапазоны рабочих температур

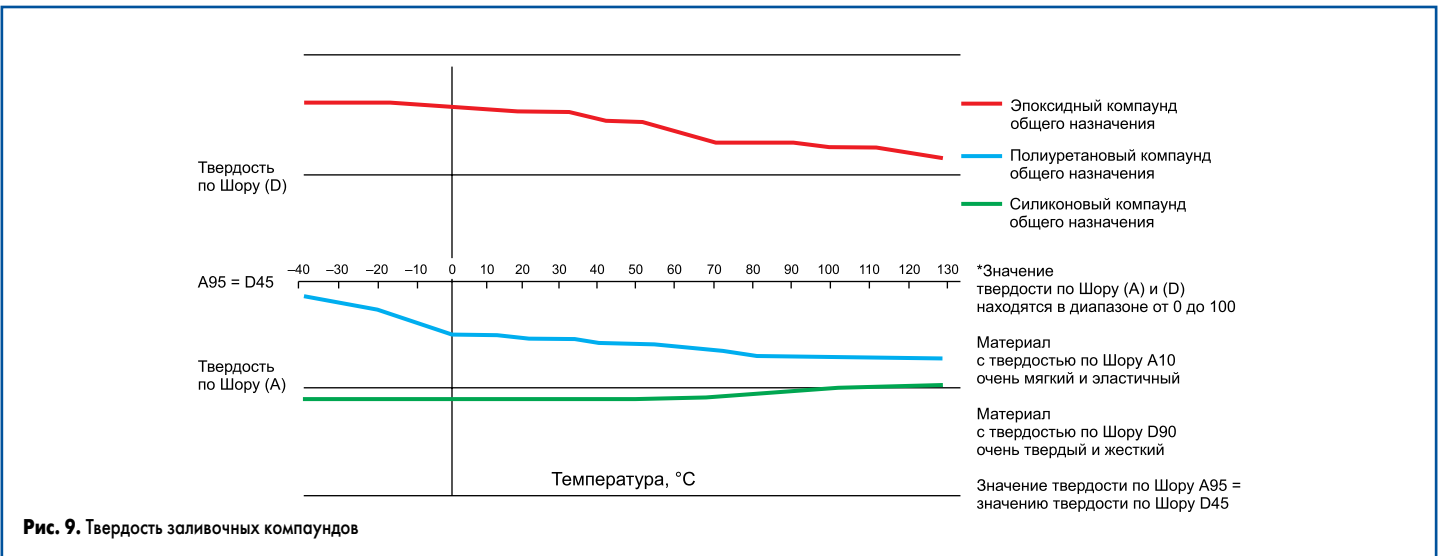


Рис. 9. Твердость заливочных компаундов


Рис. 11. Набор 2K300KIT

Рис. 12. Покрытие 2K550

которых достигает +200 °С. Помимо этого, компаунд обладает следующими преимуществами:

- пропорция смеси 1:1 для удобства работы;
- отличная стойкость к воздействию воды и химических веществ.

На рис. 9, 10 приведены сравнительные графики компаундов общего назначения для всех трех видов.

Основываясь на этих данных, можно понять, компаунд какого типа лучше подойдет для решения конкретных задач. Также существует таблица подбора материалов для компаундов.

Особое внимание уделим прозрачным заливочным компаундам для оптики. Для использования в оптике предлагается два материала:

- UR5562 — оптически прозрачный полиуретановый компаунд, представляет собой полужесткий оптически прозрачный полиуретановый компаунд, отлично подходящий для декоративных и защитных применений. Благодаря тщательно подобранному составу компонентов получается исключительно долговечный материал с малой вязкостью, который может использоваться в широком спектре задач. Материал не подходит для получения толстых профилей, его характеристики:
 - бесцветный, прозрачный компаунд, отлично подходит для заливки светодиодов;
 - высокая устойчивость к пожелтению при воздействии УФ-излучения;
 - отличная стойкость к появлению царапин и отметин;
 - высокая стойкость к атмосферным воздействиям, кислотам и щелочам, а также к воздействию воды и образованию плесени.
- SC3001 представляет собой эластичный оптически прозрачный двухкомпонентный герметизирующий компаунд. Оптимален для применения в светодиодной отрасли, где крайне важна оптическая прозрачность. Материал хорошо подходит для изделий, где требуется нанесение тонких пленок, вслед-

Таблица 2. Новые защитные покрытия и смолы

Наименование	Тип	Свойства
2K300KIT	Набор образцов (рис. 11)	<ul style="list-style-type: none"> • Уникальный набор для покрытий 2K300. • Аэрозоль для удобства применения. • Нет необходимости в специализированном оборудовании. • Предназначен для испытаний 2K300 заказчиком.
2K350	Двухкомпонентное защитное покрытие	<ul style="list-style-type: none"> • Соответствует UL94 V-0. • Непрозрачный синий — простота инспекции. • Мягкое покрытие; обеспечивает низкую нагрузку на компоненты. • Гидрофобный; отличная устойчивость к испытаниям на солевой туман и сопротивление конденсации. • Хорошая устойчивость к растворителям. • Отличная зона покрытия даже в сложных геометриях. • Система с двумя частями, требуется 2K350 как часть А и 2KPВ0 как часть В.
2K550	Двухкомпонентное защитное покрытие (рис. 12)	<ul style="list-style-type: none"> • Соответствует UL94 V-0. • Широкий диапазон рабочих температур. • Хорошая стойкость к истиранию. • Отличные характеристики при термошоковом ударе. • Флуоресцентный индикатор.
2K850	УФ-отверждаемое двухкомпонентное защитное покрытие	<ul style="list-style-type: none"> • Очень быстрое УФ-отверждение. • Широкий диапазон рабочих температур. • Хорошая стойкость к истиранию. • Отличные характеристики при термошоковом ударе. • Отличная зона покрытия даже в сложных геометриях. • UL94 V-0. • Стойкое, надежное химическое восстановление. • Система с двумя частями, требуется 2K850 как часть А и 2KPВ0 как часть В.
HFAC	Высокоэффективное покрытие с отличными электрическими свойствами (рис. 13)	<ul style="list-style-type: none"> • Оптическая прозрачность для светодиодов. • Хорошая адгезия к широкому спектру материалов. • Устойчивость к плесени. • Ремонтпригоден. • УФ-контроль. • Соответствует требованиям IPC-CC-830. • Соответствует UL94 V-0.
2KPВ0	Защитное покрытие (рис. 14)	Часть В, является вторым компонентом в линейке 2К защитных покрытий
ER2225	Эпоксидная смола высокой температуры (рис. 15)	<ul style="list-style-type: none"> • Высокая химическая стойкость. • Широкий диапазон рабочих температур. • Высокая термостойкость до +210 °С. • Хорошая теплопроводность 1,1 Вт/К.
UR5640	Оптически прозрачная полиуретановая смола (рис. 16)	<ul style="list-style-type: none"> • Прозрачный. • Подходит для светодиодных приложений. • Отличная стойкость к пожелтению от УФ-излучения. • Отличная устойчивость к царапинам и отметинам.
UR5641	Оптически прозрачная огнестойкая полиуретановая смола (рис. 17)	<ul style="list-style-type: none"> • Прозрачный. • Защита светодиодов в опасных средах. • Без галогена.


Рис. 13. Покрытие HFAC



Рис. 14. Второй компонент 2KPВ0

ствие своего отверждения под воздействием влаги. Также имеет следующие свойства:

- оптически прозрачный двухкомпонентный заливочный компаунд;
- предназначен для применения в светодиодных устройствах или там, где требуется высокий уровень прозрачности;
- обеспечивает высокий уровень защиты электроники;
- низкая вязкость — простота нанесения даже в виде тонких пленок.



Рис. 15. Смола ER2225

Компания Electrolube стремится к расширению линейки продуктов для качественного выполнения как можно большего количества задач и постоянно разрабатывает продукты, основанные на новейших технологиях производства электрохимии. Кратко опишем новые защитные покрытия и заливочные компаунды (табл. 2, рис. 11–16).

Таким образом, компания Electrolube предоставляет возможность обеспечить защиту выпускаемой продукции при любых условиях эксплуатации, сократить количество брака на этапе производства электроники и продлить срок службы изделий, обеспечив им надежную защиту даже в самых агрессивных окружающих средах.



Рис. 16. Компаунд UR5640



Рис. 16. Компаунд UR5641